

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2016

ШКАЛА ОЦЕНКИ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕЛОЗАМЕЩАЮЩИХ ЭНДОПРОТЕЗОВ ДЛЯ ПЕРЕДНЕГО МЕЖТЕЛОВОГО СПОНДИЛОДЕЗА

НЕХЛОПОЧИН А.С.*, ШВЕЦ А.И.*, НЕХЛОПОЧИН С.Н.**, ШАПОВАЛОВ В.Д.***

*ГУ «Луганская клиническая больница», г. Луганск, Украина

**ГУ «Луганский государственный медицинский университет», г. Луганск, Украина

***ГОУ ВПО «Луганский государственный университета им. В.Даля», г. Луганск, Украина

Вестник ВГМУ. – 2016. – Том 15, №2. – С. 67-76.

EVALUATION SCALE OF CONSTRUCTIONAL PARAMETERS AND FUNCTIONAL POSSIBILITIES OF BODY REPLACEMENT ENDOPROSTHESES FOR ANTERIOR INTERBODY SPONDYLOSYNDESIS

NEKHLOPOCHIN A.S.*, SHVETS A.I.*, NEKHLOPOCHIN S.N.**, SHAPOVALOV V.D.***

*State Establishment «Lugansk Clinical Hospital», Lugansk, Ukraine

**State Establishment «Lugansk State Medical University», Lugansk, Ukraine

***State Educational Establishment of Higher Professional Education «Lugansk State University named after V.Dal»,
Lugansk, Ukraine

Vestnik VGMU. 2016;15(2):67-76.

Резюме.

Цель – разработать шкалу оценки конструктивных параметров и функциональных возможностей эндопротезов тел позвонков для выбора оптимальной конструкции имплантата при реконструктивных вмешательствах на позвоночнике.

Материал и методы. Проведен анализ литературы с описанием конструктивных особенностей 25-ти видов эндопротезов тел позвонков. Предложена система оценки характеристик эндопротезов. Определены наиболее рациональные признаки конструкций. Каждый из выделенных параметр оценен баллами. На основе полученной информации разработана шкала оценки телозамещающих имплантатов с учетом их конструктивных особенностей и функциональных возможностей.

Результаты. Шкала предусматривает анализ таких характеристик телозамещающих имплантатов, как реконструкция, стабилизация, создание условий для формирования костного регенерата.

В процессе анализа к наиболее рациональным признакам конструкций отнесены: минимальные размеры, наличие внутренней полости значительных размеров для наполнителя, обеспечение значительной площади контакта в системе наполнитель-тело позвонка с целью создания условий для формирования адекватного костного блока, достаточная прочность, малая металлоёмкость и малый вес, технологичность в изготовлении и простота в эксплуатации.

Заключение. Шкала оценки дизайна эндопротезов для переднего межтелового спондилодеза позволяет выделить признаки конструкций, которые возможно установить хирургу визуально, не прибегая к помощи каких – либо информационных источников. Суммарное количество баллов отражает уровень эффективности кейджей. Представленный инструмент позволяет хирургу акцентировать внимание на преимуществах и проблемных признаках различных имплантатов с целью объективного выбора эндопротеза в каждой клинической ситуации.

Ключевые слова: шкала оценки, конструктивные параметры, функциональные возможности, телозамещающие эндопротезы.

Abstract.

Objectives. To develop the evaluation scale of constructional parameters and functional possibilities of the

endoprotheses of the vertebral bodies for the optimal choice of the implant construction in case of reconstructive interventions on the backbone.

Material and methods. The analysis of the literature describing constructional features of 25 types of endoprotheses of the vertebral bodies has been made. The system of the valuation of the implant characteristics has been proposed. The most rational signs of their constructions have been determined. Each of the highlighted parameters has been evaluated in points. On the basis of the obtained information the evaluation scale has been developed.

Results. This scale provides for the analysis of such characteristics of body replacement implants as reconstruction, stabilization, creation of the conditions for the bone regeneration.

The most reasonable criteria include: minimum size, the presence of the internal cavity of considerable sizes for the filler, providing a significant contact area in the system of the filler-body of the vertebra with the aim of creating the conditions for the formation of an adequate bone block, sufficient firmness, a small metal consumption and light weight, productibility in the manufacture and simplicity in operation.

Conclusions. The evaluation scale of implants design for anterior interbody spondylosyndesis allows to choose the features of constructions that can be determined visually by a surgeon, without the help of any information sources. The total score reflects the level of effectiveness of cages. The presented tool allows the surgeon to focus his/her attention on the advantages and problematic features of various implants with the purpose of the objective selection of an implant in each clinical situation.

Key words: evaluation scale, constructional parameters, functional possibilities, vertebral body replacement endoprotheses.

Ортопедический этап любой декомпрессионно-стабилизирующей операции, выполняемой с целью декомпрессии вентральных отделов спинного мозга, заключается в заполнении костного дефекта, образовавшегося после корпорэктомии или резекции тела позвонка, восстановлении физиологической оси и стабилизации оперированного позвоночного двигательного сегмента (ПДС). Современные методы оперативных вмешательств основаны на использовании различных телозамещающих имплантатов (ТЗИ) и фиксирующих устройств, изготовленных из металла или синтетических материалов [1, 2].

Выбор методики реконструкции позвоночника не всегда однозначный, и в каждом конкретном случае большое значение имеет определение оптимального варианта выполнения хирургического вмешательства, выбор типа и конфигурации необходимой имплантируемой конструкции [3].

Цель исследования – разработать шкалу оценки конструктивных параметров и функциональных возможностей ТЗИ тел позвонков для выбора оптимального ТЗИ тела позвонка при реконструктивных вмешательствах на позвоночнике.

Материал и методы

Проведен анализ литературы с описанием конструктивных особенностей 25-ти ви-

дов эндопротезов тел позвонков. Предложена классификация характеристик эндопротезов на основе их конструктивных особенностей и функциональных возможностей. Каждый параметр в характеристике оценен баллами и на основе их разработана шкала оценки ТЗИ, учитывающая их конструктивные и функциональные возможности.

Результаты и обсуждение

Основываясь на анализе современной литературы, мы разработали систему показателей, которая позволяет определять влияние конструктивных параметров на функциональные возможности имплантатов для реконструкции ПДС.

I. Реконструкция – адаптационные и релаксационные возможности.

1. Изменение вертикального размера.
2. Угол наклона упорных поверхностей (лордозные углы).

II. Стабилизирующие возможности.

1. Тип конструкции:
 - а) не интегрированные с пластиной;
 - б) пластино-интегрированные.
2. Конфигурация конструкции.
3. Вариант восприятия кейджем компрессионного нагружения.

III. Создание условий для формирования костного регенерата.

1. Полость конструкции для наполнителя.

а) конфигурация конструкции;
 б) расположение механизма раздвижения;

в) объем полости конструкции для наполнителя.

2. Конструктивные характеристики полости для наполнителя;

а) площадь контакта наполнителя кейджа с замыкательными пластинами тел позвонков;

б) плотность контакта в системе «наполнитель кейджа - замыкательные пластины тел позвонков»:

– тип заполнения полости конструкции наполнителем;

– варианты расположения функционального отверстия для дополнения материалом после установки кейджа в костном дефекте.

IV. Функциональные возможности кейджей.

V. Вес системы для спондилодеза.

1. Вес кейджа.

2. Вес дополнительной стабилизирующей системы (вентральной пластины или трапедикулярной системы).

VI. Стоимость системы для переднего спондилодеза.

Для практического применения и объективной оценки эндопротезов описанные конструктивные и функциональные свойства имплантатов мы объединили в шкалу показателей с балльной оценкой влияния конструктивных параметров на функциональные возможности эндопротезов (табл. 1).

Разделы таблицы отражают сведения, изложенные в описанной системе показателей. Однако в некоторых её графах для удобства пользования приводятся параметры конструкций, которые возможно определить хирургу визуально, не прибегая к помощи каких – либо информационных источников. Выбор приведенных в таблице параметров имплантатов осуществляется таким образом, чтобы описанные признаки максимально раскрывали смысл характеристики, а их сочетание способствовало формированию мнения о конструкции в целом. Кроме того, учитывалась взаимосвязь между изменениями технических характеристик и функциональными возможностями эндопротезов.

В таблице все параметры имплантатов, изготовленных из металла, расположены в по-

рядке возрастания их эффективности. Цифрой 1 оценивается признак с наименьшим коэффициентом полезного действия. Суммарное количество баллов определяет уровень эффективности кейджей. Наиболее совершенные имплантаты с оптимальным сочетанием определенных параметров оцениваются в 29 баллов.

Для примера приведём результаты оценки следующих имплантатов (рис. 1):

При детальном освещении графы таблицы представляют следующие данные:

I. Реконструкция – адаптационные и реклинирующие возможности.

Понятие адаптационные свойства (ТЗИ) определяет возможность изменения его вертикального размера с целью интраоперационной коррекции высоты ПДС.

По возможности изменения вертикального размера ТЗИ можно классифицировать как:

А. Моноблок фиксированной высоты. К недостаткам таких систем можно отнести необходимость наличия большого набора типоразмеров имплантатов для адекватного восстановления дефекта между телами, смежными с резецированным позвонком [4].

В. Моноблок с возможностью формирования вертикального размера во время операции. При использовании таких ТЗИ могут возникать сложности в определении их оптимального размера и в случае погрешности в выборе высоты имплантата могут возникать две ситуации:

а) Длина ТЗИ больше необходимого размера. При этом напряжение, вызванное компрессионным нагружением в системе «металл-тело позвонка», будет высоким, что приведет к ускорению процессов резорбции костной ткани и повысит риск пролабирования (миграции) имплантата в тела позвонков [5]. Кроме того, перерастяжение капсул межпозвонковых суставов на стабилизируемом уровне будет вызывать возникновение локального болевого синдрома [6].

б) Длина ТЗИ меньше необходимого размера. В таких ситуациях попытка восстановления сагиттального баланса будет неэффективной, т.е. не будет достигнута необходимая реклинация в сегменте. Отсутствие стабильности в ПДС приведет к подвижности ТЗИ.

С. Телескопические системы.

В настоящее время подобные конструк-

Таблица 1 – Шкала оценки конструктивных параметров и определения их влияния на функциональные возможности металлических телозамещающих эндопротезов для переднего спондилодеза

Характеристики	Баллы	Название кейджа				
		Mesh	X-tenz	ADD plus™	TPS	LAS
1. Реконструкция: адаптационные и реклинирующие возможности						
Возможность изменения вертикально размера						
Моноблок фиксированной высоты	1					
Моноблок с возможностью изменения вертикального размера	2	2				
Телескопическая система	3		3	3	3	3
Лордозные углы на торцах эндопротеза						
Отсутствуют	1	1		1	1	
Имеются	2		2			2
2. Стабилизирующие возможности						
Тип конструкции						
Тип А (неинтегрированный)	1	1	1			
Тип Б (интегрированный)	2			2	2	2
Конфигурация конструкции						
Цилиндр	1	1		1		1
Параллелепипед	2		2		2	
Вариант восприятия кейджем компрессионного нагружения						
На блокирующий винт	1		1			
Реечное	2				2	
Осесимметричное	3	3		3		3
3. Создание условий для формирования костного регенерата						
Расположение механизма раздвижения						
Механизм раздвижения расположен внутри полости кейджа	1		1	1		
Механизм раздвижения расположен на наружной поверхности кейджа	2				2	
Механизмом раздвижения является корпус кейджа	3					3
Механизм раздвижения отсутствует	4	4				
Конструктивные характеристики полости кейджа для наполнителя						
Тип заполнения полости конструкции наполнителем						
Заполнение не предусмотрено	1					
Заполнение до установки в костном дефекте	2	2		2		
Заполнение после установки в костном дефекте	3		3			
Дополнение материалом после установки в костном дефекте	4				4	4
Варианты расположения функциональных отверстий для дополнения материалом после установки кейджа в костном дефекте						
Не предусмотрены	1	1	1	1		
С одного полюса	2					
В средней трети корпуса	3					
На двух полюсах	4				4	4
4. Функциональные возможности кейджей						
Реконструкция	1		1			
Реконструкция + стабилизация	2			2		
Реконструкция + полость для наполнителя	3	3				
Реконструкция + стабилизация + полость для наполнителя	4				4	4
Эффективность конструкции		18	15	16	24	27
Максимальное количество баллов	29	29	29	29	29	29

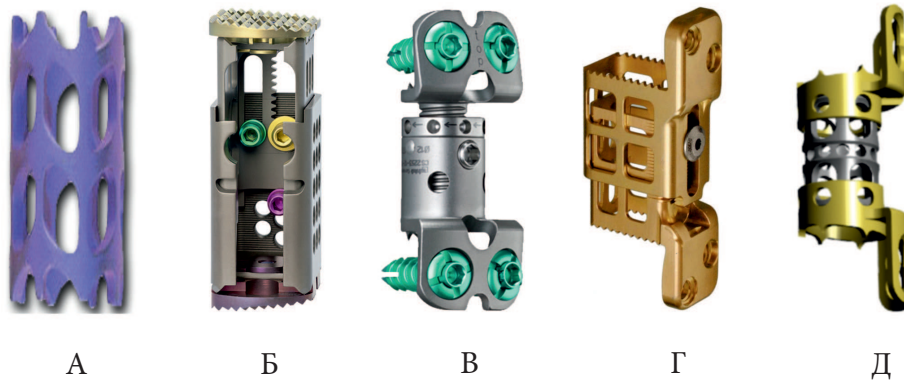


Рисунок 1 – Конструкции телозамещающих эндопротезов для переднего спондилодеза:
 А – Xenos Cage Mesh System For Spine (Biotec®); Б – X-tenz™ (Königsee Implantate GmbH);
 В – ADDplus™ (Ulrich medical® spinal systems); Г – Telescopical Plate Spacer.
 TPS™ (Interpore Cross International®); Д – Telescopical vertebral body replacement (LAS).

ции можно считать наиболее эффективными и совершенными при восстановлении передней опоры. Они оптимизируют процесс коррекции сагиттального баланса за счет возможности дозированного восстановления расстояния между смежными с резецированными позвонками.

Реклинирующие возможности определяет угол наклона упорных поверхностей (лордозные углы). Для повышения адаптации краев ТЗИ к конфигурации замыкательных пластин позвонков и с целью равномерного распределения компрессионного напряжения опорные поверхности накладок выполняются под определённым углом относительно оси имплантата [7]. При переднем спондилодезе на уровне шейного отдела позвоночника необходимы конструкции с углом наклона упорных поверхностей от 0 до 7 градусов [8]. При выборе имплантата необходимо обращать внимание на наличие или отсутствие лордозных углов.

II. Стабилизирующие возможности определяются степенью стабильности спондилодеза, достигнутого в результате их применения. Эти характеристики обусловлены типом конструкции, конфигурацией имплантата и его торцевых поверхностей, поскольку от их дизайна зависит величина компрессионных напряжений, возникающих в системе «металл – кость».

Определенное влияние на эту характеристику оказывает эффективность варианта восприятий кейджем компрессионных нагрузений, что в телескопических системах зависит от устройства и расположения механизма раздвижения конструкции.

Тип конструкций. Известно, что стабилизирующие возможности ТЗИ при реконструкции ПДС допускают деление конструкций на два типа.

Тип А (неинтегрированные с пластиной) – конструкции предназначены для рекликации в ПДС. Стабилизирующие возможности таких систем недостаточны для сохранения интраоперационной коррекции сагиттального баланса. При их использовании нередко необходимо проводить дополнительную фиксацию сегмента вентральными пластинами или транспедикулярными системами (ТПС) [9].

Тип Б (пластино-интегрированные) – конструкции, позволяющие стабилизировать ПДС без использования дополнительной фиксации, благодаря их интеграции с вентральной пластиной (с дополнительной фиксацией к телам позвонков). Преимуществами таких имплантатов являются: меньшая травматичность вмешательства, меньшая металлоемкость в сравнении с сочетанием конструкций типа А и дополнительными стабилизирующими системами, меньший вес, сокращение времени и уменьшение себестоимости инструментального обеспечения операции [10].

Конфигурация конструкций имеет важное значение для уменьшения величины стрессовых нагрузок на зону соприкосновения имплантата с замыкательными пластинами тел позвонков, поскольку этот параметр взаимосвязан с величиной площади торцевой поверхности имплантата (S_k) [11]. Большую (S_k) имеют конструкции не цилиндрической формы, а в форме параллелепипеда [12]. Такая

форма имплантата снижает вероятность возникновения стрессовых напряжений в системе «имплантат-кость» и уменьшают риск миграции конструкций в послеоперационном периоде.

С этой же целью торцовые края имплантатов выполняют сплошными, с ограничительными накладками с шипами, перфорированными отверстиями различного диаметра, с дополнительными элементами (перемычками) [13].

Вариант восприятия имплантатом компрессионного нагружения

Осесимметричные (равномерное восприятие компрессионного напряжения) конструкции эффективнее и надежнее. Компрессионные нагрузки в них распределяются по всему сечению кейджа, в отличие от систем с реечным и винтовым вариантом этого показателя.

Можно выделить следующие виды восприятия компрессионного напряжения кейджевыми конструкциями: А - На блокирующий винт; Б - Реечное; В - Осесимметричное.

III. Создание условий для формирования костного регенерата является одним из качественных критериев эффективности телескопических ТЗИ в создании условий для костного сращения позвонков и определяются количеством наполнителя, размещенного внутри имплантата [14, 15]. На эту характеристику влияет конфигурация конструкции и расположение механизма её раздвижения. Так, у имплантатов в форме параллелепипеда (TPS, X-tens, X-MESH) объём внутренней полости (Vп) больше, чем у цилиндрических систем. Такая конфигурация способствует увеличению площади контакта торцевых краев имплантата Sk и его наполнителя (Sn) с телом позвонка.

В телескопических системах для реконструкции ПДС значительное влияние на Vп оказывает расположение и размер механизма раздвижения. Для удобства анализа этого показателя все ТЗИ сравнивались с конструкцией Mesh, в которой отсутствует механизм раздвижения и Vп имеет максимальную величину. Наименьшим Vп обладают системы с внутренним расположением механизма раздвижения.

Оценка ТЗИ по принципу увеличения их Vп в зависимости от расположения механизма раздвижения позволяет классифицировать конструкции следующим образом:

Группа А: Механизм раздвижения расположен внутри полости ТЗИ.

Группа Б: Механизм раздвижения расположен на наружной поверхности корпуса и представлен: а - резьбовой системой, б - механизмом раздвижения является дополнительный инструмент – дистрактор.

Группа В: Корпус ТЗИ является механизмом раздвижения.

Группа Г: Механизм раздвижения отсутствует.

Конструктивные характеристики полости для наполнителя

Известно, что формирование костного регенерата внутри кейджа возможно только при условии плотного заполнения его внутренней полости наполнителем, а костное сращение наполнителя с замыкательными пластинами тел смежных позвонков возможно при условии плотного контакта наполнителя с последними. Несоблюдение этого условия приводит к формированию костно-фиброзного сращения соседних с резецированным позвонков [16].

Оценивая качественные характеристики сращения тел позвонков оперированного сегмента, образующегося за счет наполнителя имплантата, на наш взгляд, необходимо рассматривать такие показатели конструкций, как плотность и площадь контакта наполнителя кейджа (Snap) с замыкательными пластинами тел позвонков

А) Площадь контакта наполнителя кейджа с замыкательными пластинами тел позвонков.

Оптимальная конфигурация торцовых поверхностей конструкций должна предусматривать рациональное сочетание Sk и Snap с телами позвонков, что оказывает значительное влияние на функциональные возможности имплантатов [17].

Так, например, увеличение Sk ТЗИ с телом позвонка повышает опороспособность и препятствует его миграции. При этом уменьшается Snap в системе «наполнитель-тело позвонка», вследствие чего снижается вероятность формирования полноценного костного блока и до некоторой степени уменьшается Vп конструкции.

По данным ряда авторов, у систем ТЗИ I-го типа площадь контакта наполнителя с телом позвонка должна составлять около 54% - 59% общей площади торцевой поверхности имплантата, а у ТЗИ э II-го типа не менее 80% [18].

Б) Плотность контакта в системе «на-

полнитель-тело позвонка» зависит от типа заполнения его полости наполнителем и варианта расположения функционального отверстия для дополнения материалом после установки кейджа в костном дефекте.

Типы заполнения конструкции наполнителем. В зависимости от конструкции имплантата возможны разные варианты заполнения кейджа материалом: А) заполнение не предусмотрено; Б) заполнение до установки в костном дефекте; В) после установки в костном дефекте; Г) дополнение материалом после установки в костном дефекте. Отверстия малого диаметра на боковой поверхности ТЗИ способствуют васкуляризации наполнителя и инициации процессов остеогенеза. При раздвижении ТЗИ между наполнителем и телом позвонка образуется свободное пространство - дефект наполнения. Полное или частичное отсутствие стенок имплантата может быть использованы для добавления материала в кейдж после его установки [19]. Однако, такое расположение и величина отверстий затрудняет достижение необходимой плотности материала в ТЗИ и системе «наполнитель-тело позвонка» [20].

В зависимости от эффективности дополнительного наполнения ТЗИ можно выделить несколько конструктивных вариантов.

Варианты расположения функциональных отверстий для дополнения материалом после установки конструкции: А) не предусмотрены; Б) расположены на одном полюсе; В) в средней трети конструкции; Г) на двух полюсах.

Отверстия, предназначенные для дополнения и уплотнения материала в зоне «наполнитель - тело позвонка» после раздвижения конструкции, целесообразно позиционировать на двух её полюсах.

IV. Функциональные возможности ТЗИ.

Конструктивные характеристики как монолитных, так и телескопических систем определяют их функциональные возможности, по которым все конструкции можно разделить на следующие группы.

1. Конструкции с функцией «Реконструкция». Особенности конструкций ADD, Obelisc®, TeCorp, Теллур, X-MESH, XRL, Xpand, XPAND-R, GIZA, VBR-Actipore, ECD, Hydrolift, Synex System, X-tens ограничивают их эффективность в создании условий для формирования костного сращения позвонков в связи с относительно малым объёмом полости для

наполнителя [21]. Применяются в сочетании с дополнительными стабилизирующими системами (вентральные пластины или ТПС) [22].

2. Конструкции с функцией «Реконструкция + Стабилизация». Имплантаты ADDplus, BodyVertEx, Монолит, FORTIFY-I имеют более широкий диапазон функциональных характеристик за счет выполнения не только функции реконструкция, но и дополнительной стабилизации ПДС [23].

3. Конструкции с функцией «Реконструкция + Создание условий для образования костного блока». Величина полости для наполнителя у моноблочных конструкций (Mech) определено больше, чем у телескопических систем. Наиболее близкими с этой точки зрения к конструкции Mech являются телескопические имплантаты VERTE-SPAN, VBR, VLIFT. Указанные эндопротезы (ТЗИ) применяются в сочетании с дополнительными стабилизирующими системами (вентральные пластины или ТПС).

4. Конструкции с функцией «Реконструкция + Стабилизация + Создание условий для образования костного блока». Эндопротезы этой группы (TPS) рационально сочетают технические характеристики, позволяющие проводить реклинацию и стабилизации оперированного ПДС, делают возможным формирование опороспособного костного блока за счет наличия значительных объёмов полости для наполнителя [24].

V. Вес и стоимость системы для переднего спондилодеза.

Одной из основополагающих (важных) характеристик имплантатов является их малый вес. Это обусловлено тем, что избыточный вес имплантата в сочетании с большим модулем упругости на сжатие и меньшим модулем на сдвиг, в сравнении с резецированным телом позвонка, будут вызывать дисбаланс в распределении нагрузочных усилий, что может привести к возникновению деструктивных изменений в выше- и нижележащих сегментах позвоночника [25].

Вес и стоимость конструкции, безусловно, оказывают влияние на выбор имплантата, хотя и не подлежат цифровой оценке ввиду их вариативности обусловленной рядом объективных и субъективных причин [26].

В качестве примера сравнительной оценки имплантатов представим данные тестиро-

вания конструкций Mesh, X-tenz™, Монолит, TPS™ и LAS [Украина. Патент на изобретение № 108573. Спосіб переднього спондилодезу та ендопротез сегмента хребта для його реалізації, 12.05.15, бюл. №9)]. LAS - разработанная нами конструкция телескопического, сетчатого, цилиндрического имплантата для переднего би- или мультисегментарного спондилодеза на субаксиальном уровне ШОП. Проектировался с учетом сочетания наиболее рациональных признаков кейджей и их влияния на функциональные характеристики конструкций.

Имплантат относится к В типу конструкций и не требует дополнительной стабилизации ПДС вентральными пластинами. Имеет значительный объем внутренней полости для наполнителя, что приближает его по этой характеристике к полым цилиндрическим сетчатым кейджам типа Mech. Классифицируется как конструкция с осесимметричным восприятием нагружения, вследствие чего имеет малый вес. Для уменьшения количества составляющих элементов, снижения веса и повышения технологичности использован способ безвинтовой блокировки рабочего положения металлических имплантатов для ПМС – деформационная блокировка резьбы, имеет «лордозные углы».

Согласно описанной выше функциональной градации имплантатов LAS относится к 4 группе конструкций - конструкции с функцией «Реконструкция + стабилизация + создание условий для образования костного блока».

Результаты проведенных исследований и предложенная шкала оценки качественных свойств эндопротезов дают возможность индивидуального подбора имплантата для каждого конкретного пациента.

Заключение

Анализ дизайна 25 видов имплантатов позволил разработать шкалу оценки конструктивных параметров и функциональных возможностей металлических эндопротезов для переднего межтелового спондилодеза.

В разделах таблицы для удобства пользования приводятся признаки конструкций, которые хирург может определить визуально, не прибегая к помощи каких-либо информационных источников. Выбор приведенных в таблице показателей имплантатов осуществ-

лялся таким образом, чтобы они максимально раскрывали смысл характеристик, а их сочетание способствовало бы формированию мнения о конструкции в целом.

В таблице суммарное количество баллов определяет уровень эффективности кейджей. Наиболее совершенные имплантаты с оптимальным сочетанием определенных параметров оцениваются в 29 баллов.

На наш взгляд, представленная шкала позволяет определять преимущества и недостатки различных имплантатов с целью объективного выбора эндопротеза в каждой клинической ситуации.

Литература

1. Керамопластика в ортопедии и травматологии / А. А. Корж [и др.]. – Львов : Свит, 1992. – 112 с.
2. XPand Corpectomy Spacer [Electronic resource] / Globus Medical : [site]. – 2014. – Available from: <http://www.globusmedical.com/portfolio/xpand-r>. – Date of access: 12.05.2015.
3. Аганесов, А. Г. Реконструктивная хирургия позвоночника / А. Г. Аганесов, К. Т. Месхи // *Анналы Рос. науч. центра хирургии РАМН*. – 2004. – № 1. – С. 114–123.
4. Narotam, P. K. Titanium mesh cages for cervical spine stabilization after corpectomy: a clinical and radiological study / P. K. Narotam, S. M. Pauley, G. J. McGinn // *J. Neurosurg.* – 2003 Sep. – Vol. 99, 2 suppl. – P. 172–180.
5. Барыш, А. Е. Ошибки и осложнения при использовании заполненных аутокостью цилиндрических имплантатов в хирургии шейного отдела позвоночника / А. Е. Барыш, Р. И. Бузницкий // *Ортопедия, травматология и протезирование*. – 2011. – № 4. – С. 29–33.
6. Анализ результатов переднего шейного спондилодеза с использованием гибридного кейджа PCB Evolution за двухлетний период / В. А. Бывальцев [и др.] // *Журн. вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко*. – 2013. – Т. 77, № 1. – С. 37–45.
7. The Effect of Angular Mismatch Between Vertebral Endplate and Vertebral Body Replacement Endplate on Implant Subsidence / M. H. Mohammad-Shahi [et al.] // *J. Spinal Disord. Tech.* – 2013 Jul. – Vol. 26, N 5. – P. 268–273.
8. Laouissat, F. Intraoperative determination of lumbar prosthesis endplate lordotic angulation to improve motion / F. Laouissat, J. Allain, J. Delécrin // *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* – 2015 Feb. – Vol. 101, N 1. – P. 109–113.
9. Матвеев, А. Н. Комбинированный передний спондилодез в лечении травмы шейного отдела позвоночника / А. Н. Матвеев, Д. Л. Глухих // *Хирургия позвоночника*. – 2006. – № 3. – С. 24–28.
10. Samandouras, G. A new anterior cervical instrumentation system combining an intradiscal cage with an integrated plate: an early technical report / G. Samandouras, M. Shafafy, P. J. Hamlyn // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. – 2001

- May. – Vol. 26, N 10. – P. 1188–1192.
11. An experimental study on the interface strength between titanium mesh cage and vertebra in reference to vertebral bone mineral density / K. Hasegawa [et al.] // *Spine* (Phila. Pa. 1976). – 2001 Apr. – Vol. 26, N 8. – P. 957–963.
 12. Can a novel rectangular footplate provide higher resistance to subsidence than circular footplates? An ex vivo biomechanical study / M. Pekmezci [et al.] // *Spine* (Phila. Pa. 1976). – 2012 Sep. – Vol. 37, N 19. – P. E1177–E1181.
 13. TeCorpTM Телескопическая корпорэктомическая система : рук. по хирург. методике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.alphatecspine.ru/images/stories/photos/tehopertecorp.pdf>. – Дата доступа: 05.01.2015.
 14. Хирургическое лечение пациентов с повреждениями позвоночника грудной и поясничной локализации / Б. В. Гайдар [и др.] // *Хирургия позвоночника*. – 2004. – № 3. – С. 40–45.
 15. Шве́ц, А. И. Применение имплантатов в хирургии позвоночника / А. И. Шве́ц, В. К. Ивченко, А. А. Самойленко // *Укр. журн. екстремальной медицины ім. Г. О. Можасєва*. – 2009. – Т. 10, № 3. – С. 65–70.
 16. Experimental fusion of the sheep cervical spine. Part I: Effect of cage design on interbody fusion / F. Kandziora [et al.] // *Chirurg*. – 2002 Sep. – Vol. 73, N 9. – P. 909–917.
 17. A systematic review of comparative studies on bone graft alternatives for common spine fusion procedures / C. R. Fischer [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2013 Jun. – Vol. 22, N 6. – P. 1423–1435.
 18. Kim, D. H. Spinal Instrumentation: surgical Techniques / D. H. Kim, A. R. Vaccaro, R. G. Fessler. – New York : Thieme, 2005. – 1330 p.
 19. History of instrumentation for stabilization of the subaxial cervical spine / I. Omeis [et al.] // *Neurosurg. Focus*. – 2004 Jan. – Vol. 16, N 1. – P. E10.
 20. XRL Vertebral body replacement device : a modular expandable radiolucent vertebral body replacement system [Electronic resource] // DePuy Synthes : [site]. – 2015–2016. – Available from: <http://www.synthes.com/sites/NA/NAContent/Docs/Product%20Support%20Materials/Technique%20Guides/SPTGXRLJ11184C.pdf>. – Date of access: 12.05.2015.
 21. Biomechanical comparison of the end plate design of three vertebral body replacement systems / R. Penzkofer [et al.] // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* – 2011 Sep. – Vol. 131, N 9. – P. 1253–1259.
 22. Рерих, В. В. Хирургическое лечение повреждений нижне-шейного отдела позвоночника / В. В. Рерих, А. Д. Ластевский // *Хирургия позвоночника*. – 2007. – № 1. – С. 13–20.
 23. Первый опыт клинического применения телескопических телозамещающих эндопротезов для вентрального субаксиального спондилодеза / А. С. Нехлопчин [и др.] // *Вертебрология в России: итоги и перспективы развития : сб. тез. V съезда хирургов-вертебрологов России, Саратов, 23–24 мая 2014 г.* – Саратов, 2014. – С. 128–130.
 24. Vertebral body reconstruction for thoracolumbar spinal metastasis—a review of techniques / S. Riaz [et al.] // *J. Ayub Med. Coll. Abbottabad*. – 2006 Jan-Mar. – Vol. 18, N 1. – P. 70–77.
 25. Абульханов, С. Р. Оптимизация формы аллотрансплантата позвонка с помощью 3D моделирования / С. Р. Абульханов, Д. С. Горяинов, Ю. С. Стрелков // *Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук*. – 2013. – Т. 15, № 4. – С. 236–241.
 26. Biomechanical comparison of expandable cages for vertebral body replacement in the cervical spine / F. Kandziora [et al.] // *J. Neurosurg.* – 2003 Jul. – Vol. 99, 1 suppl. – P. 91–97.

Поступила 26.02.2016 г.

Принята в печать 15.04.2016 г.

References

1. Korzh AA, Gruntovskiy GKh, Korzh NA, Mykhayliv TV. *Keramoplastika v ortopedii i travmatologii* [Ceramics in orthopedics and traumatology]. Lviv, Ukraine: Svit; 1992. 112 p.
2. XPand® Corpectomy Spacer [Internet]. Globus Medical. 2014. [cited 2015 May 12]. Available from: <http://www.globusmedical.com/portfolio/xpand-r>.
3. Aganesov AG, Meskhi KT. *Rekonstruktivnaia khirurgiia pozvonochnika* [Reconstructive surgery of a backbone]. *Annaly Ros Nauch tsentra khirurgii RAMN*. 2004;(1):114–23.
4. Narotam PK, Pauley SM, McGinn GJ. Titanium mesh cages for cervical spine stabilization after corpectomy: a clinical and radiological study. *J Neurosurg*. 2003 Sep;99(2 Suppl):172–80.
5. Barysh AE, Buznitskiy RI. Oshibki i oslozhneniia pri ispol'zovanii zapolnennykh autokost'iu tsilindricheskikh implantatov v khirurgii sheinogo otdela pozvonochnika [Mistakes and complications when using of the cylindrical implants filled with an autokost in surgery of cervical department of a backbone]. *Ortopediia, travmatologiia i protezirovaniie*. 2011;(4):29–33.
6. Byvaltsev VA, Sorokovikov VA, Kalinin AV, Belykh EG. Analiz rezul'tatov perednego sheinogo spondilodeza s ispol'zovaniem gibridnogo keidzha RSV Evolution za dvukhletnii period [The analysis of results of a forward cervical spondilodez with hybrid Cage's use RSV Evolution for the two-year period]. *Zhurn Voprosy Neirokhirurgii im NN Burdenko*. 2013;77(1):37–45.
7. Mohammad-Shahi MH, Nikolaou VS, Giannitsios D, Ouellet J, Jarzem PF. The Effect of Angular Mismatch Between Vertebral Endplate and Vertebral Body Replacement Endplate on Implant Subsidence. *J Spinal Disord Tech*. 2013 Jul;26(5):268–73.
8. Laouissat F, Allain J, Delécrin J. Intraoperative determination of lumbar prosthesis endplate lordotic angulation to improve motion. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015 Feb;101(1):109–13.
9. Matveev AN, Glukhikh DL. Kombinirovannyi perednii spondilodez v lechenii travmy sheinogo otdela pozvonochnika [Combined forward spondilodez in treatment of a trauma of cervical department of a backbone]. *Khirurgiia pozvonochnika*. 2006;(3):24–8.
10. Samandouras G, Shafafy M, Hamlyn PJ. A new anterior

- cervical instrumentation system combining an intradiscal cage with an integrated plate: an early technical report. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001 May;26(10):1188-92.
11. Hasegawa K, Abe M, Washio T, Hara T. An experimental study on the interface strength between titanium mesh cage and vertebra in reference to vertebral bone mineral density. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001 Apr;26(8):957-63.
 12. Pekmezci M, McDonald E, Kennedy A, Dedini R, McClellan T, Ames C et al. Can a novel rectangular footplate provide higher resistance to subsidence than circular footplates? An ex vivo biomechanical study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012 Sep;37(19):E1177-81.
 13. TeCorp™ Teleskopicheskaya korporektomicheskaya sistema [TeCorp™ Telescopic korporektomicheskyy system]; ruk po khirurg metodike [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.alphatecspine.ru/images/stories/photos/tehopertecorp.pdf>. Data dostupa: 05.01.2015.
 14. Gaydar BV, Dulaev AK, Orlov VP, Nadulich KA, Teremshonok AV. Khirurgicheskoe lechenie patsientov s povrezhdeniyami pozvonochnika grudnoi i poiasnichnoi lokalizatsii [Surgical treatment of patients with injuries of a backbone of thoracic and lumbar localization]. *Khirurgiya pozvonochnika*. 2004(3):40-5.
 15. Shvets AI, Ivchenko VK, Samoilenko AA. Primenenie implantatov v khirurgii pozvonochnika [Use of implants in backbone surgery]. *Ukr Zhurn Ekstremal'noi Meditsini im GO Mozhaeva*. 2009;10(3):65-70.
 16. Kandziora F, Pflugmacher R, Scholz M, Schäfer J, Schollmeier G, Schnake KJ et al. Experimental fusion of the sheep cervical spine. Part I: Effect of cage design on interbody fusion. *Chirurg*. 2002 Sep;73(9):909-17.
 17. Fischer CR, Cassilly R, Cantor W, Edusei E, Hammouri Q, Errico T. A systematic review of comparative studies on bone graft alternatives for common spine fusion procedures. *Eur Spine J*. 2013 Jun;22(6):1423-35.
 18. Kim DH, Vaccaro AR, Fessler RG. Spinal Instrumentation: surgical Techniques. New York: Thieme; 2005. 1330 p.
 19. Omeis I, DeMattia JA, Hillard VH, Murali R, Das K. History of instrumentation for stabilization of the subaxial cervical spine. *Neurosurg Focus*. 2004 Jan;16(1):E10.
 20. XRL Vertebral body replacement device: a modular expandable radiolucent vertebral body replacement system [Internet]. DePuy Synthes. 2015-2016. [cited 2015 Jan 05]. Available from: <http://www.synthes.com/sites/NA/NAContent/Docs/Product%20Support%20Materials/Technique%20Guides/SPTGXRLJ11184C.pdf>.
 21. Penzkofer R, Hofberger S, Spiegl U, Schilling C, Schultz R, Augat P et al. Biomechanical comparison of the end plate design of three vertebral body replacement systems. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2011 Sep;131(9):1253-9.
 22. Rerikh VV, Lastevskiy AD. Khirurgicheskoe lechenie povrezhdenii nizhne-sheinogo otdela pozvonochnika [Surgical treatment of damages of lower cervical department of a backbone]. *Khirurgiya pozvonochnika*. 2007;(1):13-20.
 23. Nekhlupochin AS, Ivchenko DV, Ivchenko VK, Shvets AI, Nekhlupochin SN. Pervyy opyt klinicheskogo primeneniia teleskopicheskikh telozameshchayushchikh endoprotezov dlia ventral'nogo subaksial'nogo spondilodeza [The first experience of a clinical use telescopic the telozameshchayushchikh of an endoprosthesis for a ventral subaxial spondilodez]. *Vertebrologiya v Rossii: itogi i perspektivy razvitiia: sb tez V s"ezda khirurgov-vertebrologov Rossii Saratov 23-24 maia 2014 g. Saratov, RF*; 2014. P. 128-30.
 24. Riaz S, Fox R, Lavoie MV, Mahood JK. Vertebral body reconstruction for thoracolumbar spinal metastasis--a review of techniques. *J Ayub Med Coll Abbottabad*. 2006 Jan-Mar;18(1):70-7.
 25. Abulkhanov SR, Goryainov DS, Strelkov YuS. Optimizatsiia formy allotransplantata pozvonka s pomoshch'iu 3D modelirovaniia [Optimization of a form of an allotransplant of a vertebra by means of 3D modeling]. *Izv Samar Nauch Tsentra Ros Akad Nauk*. 2013;15(4):236-241.
 26. Kandziora F1, Pflugmacher R, Schaefer J, Scholz M, Ludwig K, Schleicher P et al. Biomechanical comparison of expandable cages for vertebral body replacement in the cervical spine. *J Neurosurg*. 2003 Jul;99(1 Suppl):91-7.

Received 26.02.2016

Accept 15.04.2016

Сведения об авторах:

Нехлопочин А.С. – ассистент кафедры неврологии и нейрохирургии ГУ «Луганский государственный медицинский университет», заведующий отделением нейрохирургии ГУ «Луганская областная клиническая больница»;

Швец А.И. – д.м.н., профессор кафедры госпитальной хирургии, травматологии и ортопедии ГУ «Луганский государственный медицинский университет»;

Нехлопочин С.Н. – к.м.н., ординатор отделения нейрохирургии ГУ «Луганская областная клиническая больница»;

Шаповалов В.Д. – к.тех.н, доцент кафедры автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий ГОУ ВПО «Луганский государственный университет им. В.Даля».

Адрес для корреспонденции: Украина, 91031, г. Луганск, ул. Курчатова, д. 9, кв. 34. Тел. +380 (95) 033-04-48, e-mail: AlexeyNS@gmail.com – Нехлопочин Алексей Сергеевич.